

Bien œuvrer à la préparation des esprits ?

Ludovic Jullien

Résumé Tout enseignant est confronté à la conception de ses messages et à leur mise en œuvre. Cet article rapporte quelques réflexions d'un enseignant de chimie qui agit en ce domaine, s'attachant à instruire, émanciper, puis affranchir les jeunes élèves tout autant que les étudiants déjà formés.

Mots-clés Enseignement de la chimie, programmes scolaires, activités pédagogiques, JIREC 2013.

Abstract How to prepare the minds at best?

Each teacher has to conceive and implement her/his course. This article reports on the experience of a professor of chemistry, who significantly has devoted his time and his thoughts to this exercise upon constantly aiming at educating, emancipating, and freeing young pupils as well as confirmed students.

Keywords Chemical education, curricula, pedagogical activities, JIREC 2013.



Le 26 février dernier, j'ai reçu un courriel qui annonçait l'attribution d'un prix de la division Histoire de la chimie de la Société Chimique Américaine au Département de chimie de l'École Normale Supérieure (ENS). Ce prix honorait le jeune Louis Pasteur au titre de l'article fondateur qu'il publia en 1848 [1]. Cette distinction inattendue a ravivé en ma mémoire sa fameuse maxime « *La chance ne sourit qu'aux esprits bien préparés.* » C'est en effet un bel espoir de jeune étudiant que de produire un travail d'intérêt historique au cours de sa thèse. Et c'est précisément parce qu'il y va plus de la Fortune que de la seule chance que je me suis engagé à penser des enseignements de chimie, une activité que j'ai continûment pratiquée depuis les débuts de ma formation universitaire.

Préparer les leçons du concours de l'agrégation de chimie a constitué l'expérience fondatrice. Plus que l'exercice

rhétorique, j'apprécie la lecture linéaire et exhaustive d'ouvrages de référence, l'exercice rigoureux du raisonnement intégralement revisité, la construction d'une leçon mêlant l'imposé au subjectif, ainsi que la confrontation enrichissante de points de vue divergents. C'est évidemment là que j'ai assimilé qu'on ne comprend bien que ce que l'on enseigne.

C'est cependant plus tardivement qu'il m'a été donné l'opportunité de participer à la conception de véritables enseignements. Pour ne retenir que les seules activités réformatrices, j'ai ainsi été (i) membre du Conseil national des programmes (1999-2005), (ii) artisan de l'évolution des enseignements de chimie du PCEM/PAES [2] (2003-2005, 2008-2011) et du parcours physique-chimie de licence (2003) de l'Université Pierre et Marie Curie, (iii) directeur des études du Département de chimie de l'ENS (2005-2006), et (iv) acteur de la conception et de la mise en œuvre du master de chimie Paris-Centre (2009). J'utiliserai ici mes expériences (i) et (iii) pour illustrer mon propos.

Le Conseil national des programmes était une instance indépendante rattachée au Ministère de l'Éducation nationale qui comportait une vingtaine de membres d'origines variées, à la fois professionnelles et disciplinaires. Sa mission consistait à porter un regard global sur l'ensemble des programmes scolaires, de la maternelle jusqu'au lycée. Dans cette instance, j'ai participé au cadrage des programmes de sciences expérimentales – et plus particulièrement des programmes de chimie – des classes scientifiques du lycée d'enseignement général. Ce vaste contexte a rendu l'expérience extrêmement enrichissante. Il impliquait en effet que le questionnement associé dépassât de loin le strict cadre disciplinaire puisque des questions aussi générales et intéressantes que « Que faut-il apprendre au cours de ses études ? » ou bien « Pourquoi enseigner la chimie ? » venaient se poser de façon pertinente. Pour ce qui est de la chimie elle-même, « À quel stade introduire ce champ disciplinaire dans le cadre d'une progression sciences expérimentales/sciences de la matière/chimie ? », « Quel est le discours spécifique de la chimie dans

le cadre du curriculum ? », « Comment introduire ce champ de connaissances ? », « Comment articuler de façon cohérente son discours vis-à-vis de celui des autres champs (au sens d'une formation généraliste pré-baccalauréat) ? » constituaient autant d'interrogations. Ces questionnements ont en particulier déterminé la mise en place d'un séminaire regroupant de multiples experts des sciences expérimentales. Les discussions approfondies ont permis de dégager un cadrage général, qui a par la suite été interprété et mis en œuvre par des groupes disciplinaires spécifiques (groupes d'experts, GE). Il n'y a pas lieu ici de présenter le travail considérable qui a été effectué par le GE de chimie ; ce dernier a fait l'objet de nombreuses publications [3] et il serait illégitime de singulariser une contribution dans ce bel ouvrage collectif. Mentionnons simplement que cette extraordinaire expérience humaine et scientifique m'a permis de mesurer à quel point la conception d'un programme scolaire relève d'un exercice d'optimisation sous contraintes [4].

L'expérience précédente m'a permis d'aborder avec méthode la mise en place de la dernière réforme de la formation prédoctorale de chimie de l'ENS alors que j'y exerçais la fonction de directeur des études du Département de chimie. Quoique concernant un nombre bien plus réduit d'élèves et d'enseignants que lors de la réforme des programmes du lycée, j'en mesurais toute la responsabilité puisque cette formation académique de haut niveau dispensée en trois ans (L3-M2) s'adresse à un public motivé et exigeant d'une petite vingtaine d'étudiants français et étrangers se destinant en particulier aux métiers de la recherche et de l'enseignement supérieur. Offrant le spectre le plus large possible de la chimie en début de formation, les étudiants ont accès très rapidement à tous les outils conceptuels fondamentaux pour poursuivre une formation généraliste ou pour se spécialiser par affinité, de manière performante et constructive. S'appuyant par ailleurs sur des stages en laboratoire, des séminaires et des travaux sur articles, la formation place ses étudiants en situation de « bébés chercheurs », une formule qui plaît beaucoup aux étudiants qui y trouvent matière à agir et à s'émanciper dans un cadre plus riche que celui de la salle de travaux pratiques.

Lors de la création du magistère de chimie en 1985, le choix d'une formation généraliste à forte empreinte conceptuelle dans un cadre pédagogique traditionnel (cours, travaux dirigés [5]) s'était accompagné d'une forte élévation du niveau et de la densité des enseignements dispensés aux niveaux L3 et M1 qui rentraient ainsi dans une logique de classes préparatoires aux grandes écoles. De façon quelque peu schizophrène quoique décalée dans le temps, les étudiants de L3 – majoritairement issus des classes préparatoires – plébiscitaient le nombre important d'heures en classe (26,4 h par semaine en moyenne), alors que ces mêmes étudiants regrettaient en fin de scolarité (M2) la part bien trop faible laissée à l'autonomie et à l'enrichissement personnel au travers du suivi de cours et de séminaires extérieurs, de la lecture individuelle d'ouvrages ou d'articles, de discussions entre camarades, de la visite de laboratoires...

La réforme qui a été mise en place en 2006 à l'ENS a ainsi essentiellement conservé les mêmes enseignements du point de vue du contenu et de l'approche des champs, mais cela dans un cadre pédagogique allégé et responsabilisant [6]. Conservant le principe de l'absence de travaux pratiques au profit de stages en laboratoire, le volume horaire en salle de cours a été considérablement limité. Les enseignements pré-

sentuels en classe entière ont été réduits à une demi-journée par jour ouvrable : matin en M1 et après-midi en L3. Ce format très souple permet aux étudiants qui le souhaitent de suivre des enseignements (i) de chimie à la fois aux niveaux L3 et M1, ce qui facilite en particulier l'intégration d'étudiants à la formation au niveau M1 et (ii) de physique en L3 (classiquement mécanique quantique et physique statistique) qui se déroulent à l'ENS les matins [7]. Dans ce contexte, les cours magistraux ont été invités à se concentrer sur la présentation de l'architecture et des fondamentaux des champs, en réservant les développements techniques, les illustrations et applications à la lecture individuelle d'ouvrages de référence. Ce dispositif a été complété par la mise en place de tutorats d'accompagnement se déroulant dans la demi-journée libre : dans le cadre d'une auto-évaluation, les étudiants – le plus souvent en petits groupes – prennent rendez-vous avec un tuteur (très souvent un étudiant en thèse, moniteur ou agrégé-préparateur) afin d'obtenir des explications complémentaires, des réponses consécutives à leurs lectures... Cette organisation laisse une place considérable au travail personnel – individuel ou en petits groupes. Elle donne par ailleurs une grande souplesse à l'emploi du temps.

Les étudiants apprécient le format bloc par demi-journée. Pour autant, en début de cursus en particulier, ils n'arrivent pas à mettre à profit leur temps libre comme cela avait été conçu. Considérant que ces étudiants sont motivés et ont généralement déjà un projet professionnel affirmé, la cause principale de leur embarras semble bien résider dans la difficulté à identifier comment « travailler » un cours, alors même qu'ils disposent de stages en situation professionnelle illustrant connaissances et compétences à acquérir. Plusieurs raisons peuvent être invoquées. Conséquence d'une valorisation excessive de la notion de programme dans le système français, ces étudiants estiment d'abord trop souvent que le seul cours suffit ; ils identifient en fait plus un cours à la matière enseignée qu'au professeur qui le dispense. Par manque d'habitude mais aussi parce qu'ils ne peuvent souvent même pas imaginer que deux professeurs puissent tenir des discours distincts sur un même sujet, peu s'engagent alors de façon spontanée dans les lectures recommandées [8]. Les étudiants survalorisent par ailleurs l'enseignement présentiel, à la fois par habitude, mais aussi parce qu'ils en apprécient la dimension « sociale ». Peu d'entre eux arrivent en fait à considérer que lire et comprendre en solitaire un article ou un ouvrage puisse constituer une activité formatrice de même valeur que de suivre un cours dispensé par un professeur ; ceux-là choisissent souvent de suivre des cours supplémentaires et ne disposent ainsi plus de temps libre. Un dernier élément émergent me semble devoir enfin être pris en compte : l'accès facile et économique aux ressources infinies de l'Internet bouleverse assurément la relation traditionnelle aux apprentissages. Les étudiants ont intégré ces nouveaux outils, le clavier comme une extension physiologique et le réseau comme une puissante prothèse. Il se peut ainsi qu'ils en retirent d'abord l'impression qu'apprendre perd de son intérêt tant il est facile de combler une lacune grâce à une page de texte, une image ou une séquence filmée. Il se peut par ailleurs qu'à ce stade déjà avancé de leurs études, ils perçoivent un certain caractère arbitraire à l'enseignement qu'ils reçoivent, tant est effectivement vaste le répertoire des clefs d'intelligibilité du monde.

Les quelques éléments de réflexion précédents encouragent à poursuivre l'évolution des formations prédoctorales de chimie. Il est en effet essentiel que les étudiants puissent atteindre la pleine maturité de leur questionnement et de

leur action à un âge moins avancé que celui de leurs prédécesseurs. Reconnaisant que la chimie est une science mûre au discours conceptuel essentiellement convergé et intégrant de fait l'accessibilité universelle aux ressources du Net, les principes suivants me semblent à considérer : (i) un enseignement magistral essentialisé, compact et subjectif, prolongé par des lectures individuelles donnant ultérieurement lieu à restitution et discussion dans le cadre de tutorats obligatoires en binôme ou en trinôme ; (ii) une activité de contextualisation et de mise en situation des concepts et des connaissances et devant contribuer à leur légitimation. On peut comprendre en effet qu'un jeune adulte interroge enfin le curriculum qu'il reçoit. Après tout, est-il si évident qu'il faille apprendre de la mécanique quantique et de la biologie pour résoudre les problèmes qui se posent aux chimistes dans vingt ans ? Est-il suffisant de répondre que le professeur en est passé par là ou bien peut-on le justifier ? Les travaux dirigés tels qu'ils sont traditionnellement mis en œuvre ne répondent pas à ce besoin de contextualisation qui dépasse évidemment la seule préparation d'un examen. Il faut vraisemblablement plutôt considérer la mise en place d'activités dirigées de groupes (élaboration d'un instrument, d'un projet scientifique...) se fondant sur une situation-problème, s'étalant sur au moins un semestre et pouvant donner lieu à des jeux [9] ou des compétitions entre groupes, ou entre établissements nationaux ou internationaux [10] ; (iii) des stages en situation au détriment des travaux pratiques. Tout cela impose en particulier que les professeurs et les tutelles reconsidèrent les objectifs, la mise en œuvre et l'évaluation des enseignements.

Au moment de clore ce texte, je ne peux m'empêcher de rappeler que maîtres et élèves sont liés par un contrat inter-générationnel : les enseignants doivent aider leurs étudiants à motiver leur action future. À l'université, il faut ainsi sans doute évoquer de futures épopées, par exemple en acceptant de professer aussi des leçons d'ignorance, où s'exprime le possible encore inexistant mais désirable ; quoique l'on sache déjà beaucoup, il reste encore à découvrir et les frontières ne sont pas nécessairement des songes. Les générations de chimistes à venir auront à gérer des problèmes essentiels, difficiles mais enthousiasmants, celui de la gestion raisonnée de la matière et de l'énergie par exemple. Louis Pasteur n'aura pas procédé différemment pour déterminer son activité de recherche. Pour autant, énoncer les défis et révéler les barrières à franchir ne devra pas inciter au découragement. Il sera ainsi nécessaire d'accompagner l'évocation de perspectives d'avenir par la vision rétrospective. Introduire un enseignement d'histoire de la chimie ainsi que le récit d'histoires de chimie me semble souhaitable. Nos étudiants mesureront que nos connaissances sont le fruit d'apports constants, infimes et multiples. Je ne doute pas qu'ils seront raffermissés et rassurés, désormais convaincus qu'un engagement de chimiste est significatif et que l'avenir leur réserve une place légitime.

J'ai alors l'espoir que nos étudiants seront mieux instruits, plus ambitieux et enthousiastes que nous l'avons été.

Notes et références

[1] Pasteur L., Mémoire sur la relation qui peut exister entre la forme cristalline de la composition chimique, et sur la cause de la polarisation rotatoire, *C.R. Acad. Sci.*, **1848**, 26, p. 535.

- [2] PAES (ex PCEM 1) : première année des études de santé.
- [3] Davous D., Feore M.-C., Fort L., Levêque T., Mauhourat M.-B., Perchard J.-P., Jullien L., Le nouveau programme de chimie de la classe de seconde : transformation chimique d'un système, le modèle de la réaction chimique, *Le Bun*, **1999**, 93, p. 3 ; Davous D., Feore M.-C., Fort L., Gleize R., Levêque T., Mauhourat M.-B., Zobiri T., Jullien L., Le nouveau programme de chimie de la classe de première scientifique - La mesure en chimie, *Le Bun*, **2000**, 94, p. 1 ; Davous D., Feore M.-C., Fort L., Gleize R., Levêque T., Mauhourat M.-B., Zobiri T., Jullien L., La chimie au lycée : le nouveau programme de la classe de 1^{re} scientifique, *L'Act. Chim.*, oct. **2000**, p. 23 ; Davous D., Dumont M., Feore M.-C., Fort L., Gleize R., Mauhourat M.-B., Zobiri T., Jullien L., Autour des notions d'évolution et d'équilibre : une analogie hydraulique, *Le Bun*, **2003**, 97, p. 61 ; Davous D., Dumont M., Feore M.-C., Fort L., Gleize R., Mauhourat M.-B., Zobiri T., Jullien L., Les nouveaux programmes de chimie au lycée, *L'Act. Chim.*, fév. **2003**, p. 31 ; Jullien L., L'équilibre chimique : une limite inexorable vaincue par la vie, *Revue du Palais de la découverte*, **2006**, 335-336, p. 44.
- [4] Dans le contexte spécifique des programmes scolaires du lycée d'enseignement général, cadrage horaire et modalités d'évaluation sont définis nationalement, les élèves sont nombreux et hétérogènes, la formation continue des enseignants demeure un objectif, les moyens matériels sont contraints, il existe enfin des traditions culturelles nationales telles que le couplage physique-chimie au lycée. Il y a par ailleurs un intérêt évident à examiner les enseignements correspondants dispensés dans les pays étrangers.
- [5] Les travaux pratiques ont été essentiellement retirés de la formation prédoctorale de chimie à l'ENS. Ce manque de formation pratique est compensé par les nombreux stages en laboratoire. Les étudiants issus de la formation ont montré qu'ils s'adaptent très aisément aux problèmes techniques ou expérimentaux.
- [6] Les paragraphes suivants présentent le cadre de la réflexion pédagogique relative à la formation prédoctorale de chimie de l'ENS. Pour plus d'informations factuelles, se reporter à la rubrique « Enseignement » du site www.chimie.ens.fr.
- [7] Les enseignements de physique sont optionnels (mais plébiscités). En revanche, le tronc commun obligatoire de L3 inclut un cours de mathématiques (3 ECTS – dans un souci d'harmonisation européenne des diplômes, chaque unité d'enseignement (UE) validée en fin de semestre permet l'attribution de crédits ECTS (« European Credits Transfer System »)) ainsi qu'un cours de biologie (3 ECTS). L'enseignement de mathématiques vient en appui des cours de chimie physique. L'enseignement de biologie – il ne s'agit pas de biochimie – est en particulier conçu pour informer le chimiste de l'état de l'art en matière de compréhension et de manipulation de la matière vivante. Le plus souvent complété par un second module optionnel de 3 ECTS, il permet aux étudiants chimistes de M1 d'être capables de lire de manière instruite les articles scientifiques rédigés par nos collègues biologistes.
- [8] En particulier quand celles-ci sont en anglais. C'est cependant bien plus l'absence d'habitude à confronter le cours à des ouvrages de référence que le manque de pratique de l'anglais qui est responsable de cette situation.
- [9] On pourra lire ici avec intérêt : *Le jeu des perles de verre (Das Glasperlenspiel)*, 1943, de Herman Hesse, Le Livre de Poche, **2002**.
- [10] Ceci pourrait s'effectuer dans l'esprit des compétitions de robots, des Chemistry circus, ou bien de l'iGEM (International Genetically Engineered Machine competition).



Ludovic Jullien

est professeur des universités à l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC)*.

Il a reçu le prix 2013 de la division Enseignement-Formation de la SCF.

* École Normale Supérieure, Département de Chimie, UMR CNRS/ENS/UPMC 8640 Pasteur, 24 rue Lhomond, F-75005 Paris. Courriel : ludovic.jullien@ens.fr